

УДК 620

О.П. Попадюк , В.П. Козак

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ
ПОВЕРХОНЬ РУЙНУВАННЯ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ**

O. P. Popadiuk , V. P. Kozak

**AUTOMATION DEFINITION OF MATERIAL' FRACTAL DIMENSION OF
FRACTURE SURFACE**

Автоматизація дослідження параметрів матеріалів – це шлях до якісного та швидкого аналізу та до максимізації бажаного результату. Оптимізація вмісту наповнювача у епоксикомпозитних матеріалах потребує дослідження їх механічних властивостей, зокрема й ударної в'язкості. Утворена поверхня руйнування досліджених зразків містить інформацію про механізми руйнування, а її аналіз (фрактодіагностування) забезпечує додаткову інформацію про тріщиностійкість дослідженого епоксикомпозиту.

Завданням даної роботи було автоматизоване обчислення фрактальної розмірності поверхонь руйнування та встановлення кореляційного зв'язку з механічними властивостями епоксикомпозитів.

Відомо, що фрактал – це нескінченно самоподібна геометрична фігура, кожний фрагмент якої повторюється при зменшенні масштабу. Масштабна інваріантність, що спостерігається у фракталах, може бути або точною, або наближеною.

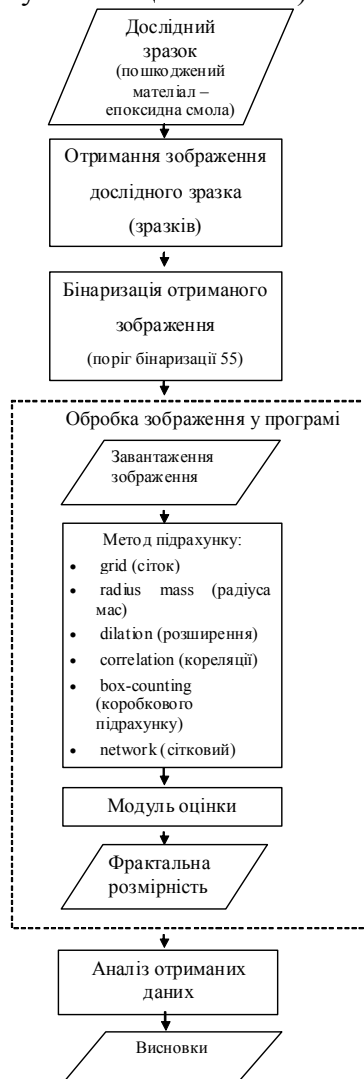
Оскільки фрактал є методом візуального сприйняття, то й його дослідження найкраще проводити з використанням растрових зображень. Існує значна кількість методів обчислення фрактальної розмірності, проте, їх застосування в ручний спосіб є надто трудомістким, потребує значних витрат часу. Саме тому, для підрахунку фрактальної розмірності автоматизовані методи аналізу зображень..

Алгорит використаний у даній роботі містить кілька основних етапів: бінаризація оригінального чорно-білого зображення, його фільтрації та повторна бінаризація отриманого зображення. Особливістю об'єктів аналізу розглянутих у цій роботі є те, що необхідно встановити положення тріщини відносно кожного пікселя та визначити його належність поверхні тріщини або фону. Ця завдання було вирішене за допомогою бінаризація. У бінарному зображенні білі пікселі – фон, а чорні - належали до об'єкту. Поверхню зламів епоксикомпозитів аналізували з використанням відомого програмного забезпечення "Fractalys", розробленого Gilles Vuidel. Тестування програми на зображенні килима Серпінського підтвердило можливість її використання та високу точність очислення фрактальної розмірності.

Можливості програми "Fractalys" дозволили визначити фрактальну розмірність кількома методами:

- сітковим (grid),
- методом радіус маси (radius mass),
- методом розширення (dilation),
- методом кореляції (correlation),
- методом згортки Гаусса (gaussian convolution),
- коробковим підрахунок (box-counting),
- мережевим (Network)

Вибір методу залежав від особливостей досліджуваного зразка (як форми безпосередньо досліджуваного зразка, так і від механізмів руйнування, які попередньо візуально оцінювались).







Для проведення досліджень запропоновано алгоритм, що дає змогу зрозуміти послідовність та логіку наших дій (рис.1)

Проведено розрахунок 4 методами, які вказані на рис. 1. Методи Correlation Default та Correlation White в нашому випадку давали абсолютно однакові результати, отже природа наших зображень ідеально підходить для обрахунку цими методами. Збільшення кількості наповнювача у епоксикомпозитів до певних граничних значень спричиняє зміну мікромеханізмів руйнування, тому два інші варіанти методу кореляції дають дещо інший результат. Значення обчислені цими методами були б більш близькими у разі більш рівномірного розподілу наповнювача у епоксидній матриці.

Отримані результати відображено в таблиці:

Таблиця 1. Результати обробки зображень дослідних зразків у програмі fractalyse

Вихідний зразок		Досліджуваний зразок			
		1	2	3	4
Метод дослідження	Опції				
Radius mas	Quadratic, Barycentre	1.773	1.71	1.768	1.71
Box...	Exponential, Grid	1.722	1.7431	1.797	1.81
	Linear, Grid	1.665	1.656	1.68	1.689
Dilation	Number of dilation: 2	1.717	1.786	1.734	1.61
Correlation	Quadratic, Default	1.734	1.86	1.768	1.742
	Quadratic, Symetric	1.758	1.878	1.768	1.769
	Quadratic, White	1.734	1.86	1.768	1.742
	Quadratic, Internal	1.75	1.881	1.787	1.76

Як бачимо результати одержані різними методами дещо відрізняються. Причиною цьому є невідповідність підбраного методу природі аналізованого зображення.

Питання дослідження фрактальної розмірності поверхонь руйнування зразків, розглянуте у даній роботі потребує подальшого дослідження, проте одержані результати свідчать, що цей параметр є чутливим до структурно-механічних особливостей матеріалів.

Провівши автоматизований аналіз зображень зламів епоксикомпозитів і проаналізувавши отримані дані встановлено, що фрактальна розмірність є інтегральним параметром механізмів руйнування матеріалів.

Попередні етапи обробки зображення спричиняють значний вплив на кінцевий результат та похибку обчислень. Величина похибки також залежить від методу аналізу та фізичної природи аналізованої поверхні.